

(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ :

B81C 1/00

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/44667

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum:

3. August 2000 (03.08.00)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/00212

(22) Internationales Anmeldedatum: 26. Januar 2000 (26.01.00)

(30) Prioritätsdaten:

199 04 307.8

28. Januar 1999 (28.01.99)

DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KUMMER, Nils [DE/DE]; Schauinsland 20, D-71642 Ludwigsburg (DE). MUELLER-FIEDLER, Roland [DE/DE]; Gartenstrasse 21, D-71229 Leonberg (DE). BREITSCHWERDT, Klaus [DE/DE]; Wilhelm-Hauff-Strasse 15, D-70794 Filderstadt (DE). MUELLER, Andre [DE/DE]; Lorsche Weg 1, D-70839 Gerlingen (DE). DRIEWER, Frauke [DE/DE]; Schwester-Baptista-Strasse 3, D-76275 Ettlingen (DE). KERN, Andreas [DE/DE]; Doggenriedstrasse 34, D-88250 Weingarten (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

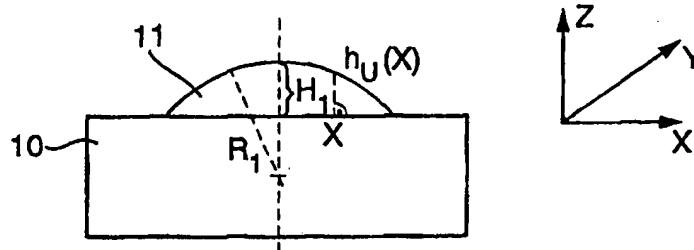
Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING THREE-DIMENSIONAL STRUCTURES BY MEANS OF AN ETCHING PROCESS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON DREIDIMENSIONALEN STRUKTUREN MITTELS EINES ÄTZPROZESSES



(57) Abstract

The invention relates to a method for producing three-dimensional structures, especially microlenses, in a substrate by means of an etching process. First, at least one original form (11) with a known original surface form is located on a part of the substrate (10). The etching process has at least one first etching removal rate a_1 and a second etching removal rate a_2 which are dependent on the material and at least one of which can be temporally modified. The etching process transforms the original form (11) into a target form (12), the original surface form of the original form (11) and the target surface form of the target form (12) to be obtained being known before the start of the etching process. At least one of the etching rates a_2 or a_1 is regulated through a modification of at least one etching parameter, this modification being calculated as a function of the etching time before the start of the etching process, in order to obtain the target surface form.

(57) Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen Strukturen, insbesondere von Mikrolinsen, in einem Substrat mittels eines Ätzprozesses vorgeschlagen, wobei sich zunächst auf dem Substrat (10) bereichsweise mindestens eine Urform (11) mit einer bekannten Uroberflächenform befindet. Der Ätzprozeß weist mindestens eine erste Ätzabtragsrate a_1 und eine zweite Ätzabtragsrate a_2 auf, die materialabhängig sind, und von denen mindestens eine zeitlich veränderbar ist. Durch den Ätzprozeß wird die Urform (11) in eine Zielform (12) überführt, wobei die Uroberflächenform der Urform (11) und die zu erreichende Zieloberflächenform der Zielform (12) vor Beginn des Ätzprozesses bekannt sind. Zum Erreichen der Zieloberflächenform wird zumindest eine der Ätzraten a_2 oder a_1 über eine vor Beginn des Ätzprozesses als Funktion der Ätzzeit berechnete Änderung mindestens eines Ätzparameters eingestellt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

5

Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen Strukturen mittels eines Ätzprozesses

Stand der Technik

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Strukturen mittels eines Ätzprozesses.

15

Derartige Verfahren und zu ihrer Durchführung geeignete Ätzanlagen sind vielfach bekannt und werden beispielsweise zur Ätzung von Silizium oder zur Herstellung von Mikrolinsen aus einem Siliziumsubstrat benutzt. Dazu sei auf das aus DE 42 41 045 bekannte Verfahren verwiesen, bei dem eine induktive gekoppelte Plasmaquelle zum Siliziumtiefenätzen mit sehr hohen Ätzraten verwendet wird, die eine induktive Hochfrequenzanregung benutzt, um aus einem fluorliefernden Ätzgas Fluorradikale und aus einem teflonbildende Monomere liefernden Passiviergas $(CF_2)_x$ - Radikale freizusetzen. Die Plasmaquelle generiert dabei ein hochdichtes Plasma mit einer

20 relativ hohen Dichte von Ionen (10^{10} - 10^{11} cm^{-3}) niedriger Energie, während Ätz- und Passiviergase zum Ätzen von Gräben in einem maskierten Siliziumwafer in einer empirisch festgelegten zeitlichen Abfolge alternierend eingesetzt werden.

25

30

Es ist weiter in der unveröffentlichten Anmeldung DE 197 363 70.9 bereits vorgeschlagen worden, mittels eines sogenannten „Parameter-Rampings“ eine materialabhängig Ätzabtragsrate beim Ätzen eines Siliziumwafers zeitlich zu beeinflussen, um

auf diese Weise Profilabweichungen geätzter Strukturen in dem Siliziumwafer zu reduzieren.

Die genannten Verfahren dienen jedoch lediglich dazu, einen an sich isotropen Ätzprozeß lokal anisotrop zu machen und somit beispielsweise Gräben definierter Tiefe und guter Profiltreue zu ätzen. Sie bieten jedoch nicht die Möglichkeit, eine auf einem Substrat befindliche dreidimensionale Urform gezielt in eine dreidimensionale Zielform mit definierter Oberflächenform zu überführen.

Insbesondere bei der Herstellung von Mikrolinsen, wobei zunächst eine optische Oberfläche durch aufgeschmolzene Polymere wie beispielsweise einen Photolack aufgrund von deren Oberflächenspannung erzeugt wird, und diese optische Oberfläche dann durch einen Trockenätzprozeß in ein anorganisches Substratmaterial wie beispielsweise Silizium für IR-Optiken übertragen wird, besteht die Problematik, diese Oberflächenform des aufgeschmolzenen Polymers beim Ätzprozeß in das Substrat zu übertragen und dabei gleichzeitig die Oberflächenform des Ausgangspolymers gezielt zu einer gewünschten Oberflächenform der Mikrolinse in dem Substratmaterial zu verändern.

Beim Aufschmelzen der Polymere entstehen, unter Vernachlässigung der Gravitationskräfte, bei entsprechend kleinen Linsen und bei freier Einstellung des Randwinkels im allgemeinen sphärische Oberflächen, wie sie auch für makroskopische Linsen verwendet werden. Ist jedoch bei Linsen mit größerem Durchmesser, d.h. bei einigen mm, der Einfluß der Gravitationskräfte nicht mehr vernachlässigbar, entstehen bekanntermaßen asphärische Oberflächen des aufgeschmolzenen Polymermaterials, die bei kreisförmiger Grundfläche zylindersymme-

trisch sind und bei einer Projektion in die xz-Ebene des Koordinatensystemes durch konische Funktionen $h_0(x)$ mit

$$h_U(x) = H_1 - \frac{R_1 - \sqrt{R_1^2 - (1 + K_1)x^2}}{1 + K_1}$$

mit einem Krümmungsradius R_1 , einer Linsenhöhe H_1 und einer konischen Konstanten $K_1 \neq 0$ beschrieben werden können. Nach dem Ätzprozeß finden sich diese asphärischen Oberflächen dann bei den bekannten Ätzverfahren übertragen im Substrat wieder, wobei es überdies häufig dazu kommt, daß sich die konische Konstante K_1 im aufgeschmolzenen Polymer als Urform beim Ätzen und damit beim Abformen der Urform in das Substrat, zu einer konischen Konstanten K_2 verändert.

Somit entsteht eine ebenfalls asphärische Mikrolinse im Substrat mit jedoch unterschiedlichen optischen Eigenschaften, als sie es aufgrund der Form des aufgeschmolzenen Polymers zu erwarten gewesen wären. Eine ausreichende Korrektur oder Vermeidung dieser asphärischen Oberfläche der Mikrolinsen ist mit bekannten statischen Ätzprozessen vielfach nicht möglich, selbst wenn diese unterschiedliche Ätzabtragsraten für das Substratmaterial und das Polymer aufweisen.

Dies liegt in der Regel an einer sehr hohen konischen Konstanten der Polymer-Urform, einer Volumenänderung der Urform durch den Ätzprozeß oder einer zeitabhängigen Variation der Ätzparameter während des Ätzprozesses durch beispielsweise Erwärmung des Substrates bei magelhafter Kühlung.

Das Verhältnis der Ätzabtragsrate des Substratmaterials zu der des Urformmaterials bezeichnet man im übrigen als Selektivität S . Bekannte statische Ätzprozesse besitzen daher konstante Selektivitäten.

Es ist weiterhin bereits bekannt, daß sich im Fall von Photolacklinsen mit einigen mm Durchmesser zunächst konische Konstanten $K_1 < -100$ einstellen. Aus diesen können, bei einer für die Oberflächenqualität der Linsen förderlichen Selektivität von $S = 4$, mit bekannten statischen Ätzprozessen lediglich Mikrolinsen in einem Siliziumsubstrat erzeugt werden, die eine konische Konstante $K_2 < -5$ aufweisen. Insbesondere ist eine gewünschte Einstellung von $K_2 = 0$ d.h. eine sphärische Linse nicht möglich.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruches hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, daß es sich zur Herstellung dreidimensionaler Strukturen wie insbesondere sphärischer Mikrolinsen weitgehend beliebiger Größe, in einem Substrat wie Silizium eignet, wobei sich insbesondere auf dem Substrat zunächst bereichsweise mindestens eine Urform mit einer bekannten Uroberflächenform befindet. Dadurch, daß sich die Ätzabtragsraten für das Substratmaterial und das Urformmaterial definiert unterscheiden und diese gleichzeitig über die Einstellung von apparativen Ätzparametern als Funktion der Zeit gezielt eingestellt werden können, so daß sich die Selektivität des Ätzprozesses definiert zeitlich ändert, kann die Uroberflächenform während des Ätzprozesses in eine gewünschte und vorgegebene Zieloberflächenform überführt werden. Dies geschieht vorteilhaft dadurch, daß die Urform während des Ätzprozesses abgetragen und an ihrer Stelle eine Zielform aus dem Substrat herausstrukturiert wird.

Die Berechnung der erforderlichen zeitlichen Veränderung der Ätzabtragsraten erfolgt dabei vor Beginn der Ätzung, abgesehen von einigen apparativen Einflüssen, die über Testätzun-

gen bestimmt werden müssen, ausschließlich über die bekannte Oberflächenform der Urform und die der Zielform, so daß eine ständige Kontrolle des Ätzprozesses und aufwendige empirische Versuche zum Erreichen einer gewünschten Zielform und eine fortwährende Bestimmung der bereits erreichten Oberflächenform der Zielform als Funktion der Ätzzeit nicht erforderlich sind.

Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen.

Zur Erleichterung der Berechnung ist es sehr vorteilhaft, wenn die Uroberflächenform zumindest näherungsweise durch eine vor Beginn des Ätzprozesses insbesondere explizit bekannte Urfunktion h_0 und die Zieloberflächenform zumindest näherungsweise durch eine vor Beginn des Ätzprozesses insbesondere explizit bekannte Zielfunktion h_s beschrieben werden kann.

Die apparative Einstellung mindestens eines Ätzparameters als Funktion der Zeit während des Ätzprozesses erfolgt vorteilhaft und in bekannter Weise beispielsweise über die Veränderung des Flusses mindestens eines der verwendeten Ätzgase, die Konzentration und/oder Zusammensetzung des verwendeten Ätzgases, den Prozeßdruck in der Plasmaätzkammer, die am Substrat anliegende Substratspannung, die Substrattemperatur oder die Spulenspannung einer ICP-Plasmaanlage. Zur Einstellung der einzelnen Parameter eignet sich insbesondere eine computerkontrollierte und -bediente Steuerung. Dabei nutzt man insbesondere die vorteilhafte Eigenschaft, daß die Ätzabtragsraten auch materialabhängig sind.

Sehr vorteilhaft ist weiter, daß es das erfindungsgemäße Verfahren in einfacher Weise erlaubt, eine gewünschte Ziel-

form, ausgehend von einem auf dem Substrat befindlichen Urform, aus diesem herauszustrukturieren.

5 Damit ist es einfach und vorteilhaft möglich, eine asphärische Linse mit kreisförmiger Grundfläche als Urform, die beispielsweise aus einem aufgeschmolzenen Polymer wie einem Photolack besteht, das sich auf einem Siliziumsubstrat oder einem sonstigen Halbleitersubstrat befindet, und deren Oberfläche durch eine konische Funktion beschrieben werden kann,
10 in eine während des Ätzprozesses aus dem Siliziumsubstrat herausstrukturierte sphärische Mikrolinse zu überführen.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird somit eine deutlich bessere optische Qualität von Mikrolinsen erreicht
15 und insbesondere bei größeren Mikrolinsen der Entwicklungsprozeß deutlich verkürzt, da umfangreiche Tests und Ätzungen unter empirischer Variation der Ätzparameter entfallen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch vorteilhaft weder
20 an spezielle Materialien oder Zusammensetzungen der Urform noch der zu erreichenden Zielform gebunden, sofern dafür geeignete, an sich bekannte Ätzprozesse zur Verfügung stehen.

Auch die möglichen Oberflächenformen der Urform und der
25 Zielform für das erfindungsgemäße Verfahren umfassen vorteilhaft vielfältige geometrische Gebilde und sind nicht nur auf Formen beschränkt, die, wie asphärische Mikrolinsen, für die Praxis bislang von besonderer Bedeutung sind.

30 Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich besonders vorteilhaft zur Herstellung dreidimensionaler Strukturen mit kreisförmiger Grundfläche und einer zur z-Achse des Koordinatensystems zylindersymmetrischen Oberflächenform, da in diesem Fall in der durch das Substrat definierten Substra-

tebene an allen Stellen die Ätzung mit gleichen Ätzabtragsraten oder einer gleichen Selektivität erfolgt, die sich lediglich als Funktion der Zeit ändert.

- 5 Prinzipiell ist es mit dem erfindungsgemäßen Ätzverfahren jedoch auch möglich, mindestens einen der Ätzparameter oder die Selektivität als Funktion des Ortes auf der Substratoberfläche und/oder als Funktion der Zeit zu verändern, so daß beispielsweise die Ätzabtragsraten für Urform und Ziel-
- 10 form nicht nur eine Funktion der Zeit sondern auch der Ortskoordinaten x und y sein können. Diese Weiterführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, die lediglich einen höheren Rechenaufwand bei der Berechnung der einzustellenden Änderungen der Ätzparameter erfordert, ist bislang jedoch nicht von
- 15 praktischer Bedeutung, da entsprechende Ätzanlagen noch fehlen. Als Funktion der Ortskoordinaten und der Ätzzeit variierbare Ätzparameter kommen beispielsweise die Temperatur des Substrates oder die Substratspannung in Frage.
- 20 Insbesondere ist es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren vorteilhaft möglich, ausgehend von einer Urform mit kreisförmiger Grundfläche und einer Oberflächenform, die von einer ersten konischen Funktion h_0 mit Krümmungsradius R_1 , konischer Konstante K_1 und Höhe H_1 beschrieben wird, diese über eine
- 25 vor dem Ätzprozeß berechnete zeitliche Variation mindestens eines Ätzparameters in eine Zielform in einem Substrat zu überführen, die deren Oberflächenform von einer zweiten konischen Funktion h_s mit Krümmungsradius R_2 , konischer Konstante K_2 und Höhe H_2 beschrieben wird. Im besonders relevanten Fall $K_2 = 0$ erhält man auf diese Weise vorteilhaft
- 30 insbesondere eine sphärische Zielform, während man in dem Fall $K_1 \neq K_2$ gezielt die erste konische Funktion, die die Oberflächenform der Urform beschreibt, in die zweite konische Funktion, die die Oberflächenform der Zielform be-

schreibt, überführen kann. Ein besonders einfacher Fall dieser Vorgehensweise ergibt sich vorteilhaft in dem für die Praxis besonders wichtigen Fall, daß die Höhen H_1 und H_2 und/oder die Krümmungsradien R_1 und R_2 gleich sind. Somit erlaubt es das erfindungsgemäße Verfahren sehr vorteilhaft, aus asphärischen Urformen eine sphärische Zielform herzustellen.

Besonders einfach verläuft das erfindungsgemäße Verfahren weiterhin, wenn während des Ätzprozesses die Ätzabtragsrate eines Materials, wie beispielsweise des Substratmaterials, zumindest im wesentlichen konstant gehalten und nur die Ätzabtragsrate des anderen Materials, beispielsweise des Urformmaterials, über die Ätzparameter zeitlich verändert wird. Dies vermindert den Berechnungsaufwand vor dem Ätzen, erhöht die Zuverlässigkeit und Präzision der jeweils eingestellten Ätzparameter und die Reproduzierbarkeit des Ätzergebnisses.

Um während des Ätzprozesses auftretende, in der Berechnung zunächst nicht berücksichtigte ätzanlagenbedingte Abweichungen in den Ätzabtragsraten und der Selektivität berücksichtigen zu können, die zu einer Abweichung der tatsächlich erreichten Oberflächenform von der gewünschten, und in die Berechnung einbezogenen Oberflächenform der Zielform führen, kann vorteilhaft zunächst zusätzlich eine Testätzung vorgenommen werden, wobei zunächst die sich aus der Berechnung unter Berücksichtigung der Oberflächenform der Urform (beschrieben durch die Funktion h_U) und der gewünschten Oberflächenform der Zielform (beschrieben durch die Funktion h_S) ergebende zeitliche Änderung der Ätzparameter verwendet wird. Danach stellt sich vielfach zunächst eine, von der gewünschten Oberflächenform der Zielform geringfügig abweichende Oberflächenform ein, die durch eine Funktion $h_{S, \text{Test}}$

beschrieben wird. Um diese Abweichung zumindest in erster Ordnung ausgleichen zu können, wird danach vorteilhaft in allen weiteren Ätzprozessen eine vorausgehende Berechnung der Veränderung der Ätzparameter zur Überführung der Urform in die Zielform mit einer neu definierten Funktion

$$h_{S,neu} = 2h_S - h_{S,Test}$$

vorgenommen, die an die Stelle der vorher verwendeten Funktion h_S tritt.

Zeichnungen

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung und der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 eine Prinzipskizze einer Urform auf einem Substratmaterial vor dem Ätzprozeß, Figur 2 eine Prinzipskizze einer Zielform aus einem Substratmaterial nach dem Ätzprozeß, Figur 3 eine Darstellung der Lackätzzeit $T_1(x)$ [min] als Funktion des Ortes x [μm], Figur 4 eine Darstellung der Lackätzabtragsrate $a_1(t)$ [$\mu\text{m}/\text{min}$] als Funktion der Ätzzeit t [min] und Figur 5 eine Darstellung der Selektivität $S(t)$ als Funktion der Ätzzeit t [min].

Ausführungsbeispiele

Figur 1 zeigt ein Substrat 10 aus einem Siliziumwafer, auf dem sich bereichsweise ein aufgeschmolzener Photolack als Urform 11 befindet. Die Oberfläche des Substrates 10 liegt innerhalb der durch die Koordinatenachsen x und y definierten Ebene. Die Urform 11 hat die Form eines zur z -Achse symmetrischen Ellipsoids oder eines Kegelschnittes mit kreisförmiger Grundfläche. Die Oberfläche der Urform 11 wird durch eine Urfunktion h_0 beschrieben, deren Projektion in die xz -Ebene des Koordinatensystemes gegeben ist durch die konische Funktion

$$h_U(x) = H_1 - \frac{R_1 - \sqrt{R_1^2 - (1 + K_1)x^2}}{1 + K_1} \quad (1)$$

wobei H_1 eine Höhe, R_1 einen Krümmungsradius und K_1 eine konische Konstante bezeichnet, die hier ungleich 0 ist und insbesondere zwischen 0 und -200 liegt. Die Größe $h_U(x)$ bezeichnet dabei in der Projektion den jeweiligen Abstand der Oberfläche der Urform 11 von dem Substrat 10 als Funktion von x gemäß Figur 1. Der Ursprung der x -Achse befindet sich, wie auch in allen übrigen erläuterten Fällen, im Mittelpunkt der kreisförmigen Grundfläche der Urform 11 bzw. der Zielform 12.

Figur 2 zeigt, wie ausgehend von Figur 1, mittels eines beispielsweise aus DE 42 41 045 bekannte Ätzverfahrens, bei dem eine induktive gekoppelte Plasmaquelle verwendet wird, die Urform 11 in eine Zielform 12 überführt wird, die aus dem Substrat 10 herausstrukturiert ist. Die Oberflächenform der Zielform 12 wird durch eine Zielfunktion h_S beschrieben, deren Projektion in die xz -Ebene des Koordinatensystemes gegeben ist durch die konische Funktion

$$h_S(x) = H_2 - \frac{R_2 - \sqrt{R_2^2 - (1 + K_2)x^2}}{1 + K_2} \quad (2)$$

wobei H_2 eine Höhe, R_2 einen Krümmungsradius und K_2 eine konische Konstante bezeichnet. Unter der Größe $h_S(x)$ ist in diesem Fall in der Projektion wieder der Abstand der Oberfläche der Zielform von der Substratgrundfläche als Funktion von x gemäß Figur 2 zu verstehen.

In diesem Ausführungsbeispiel ist die konische Konstante durch $K_2 = 0$ gegeben, das heißt, die Zielform 12 hat eine sphärische Oberflächenform, so daß, beispielsweise bei der Herstellung von Mikrolinsen, eine asphärische Urform 11 in eine sphärische Zielform 12 überführt wird. Für die Krüm-

mungsradien gilt $R_1 \neq R_2$. Es sei jedoch betont, daß das erfindungsgemäße Verfahren auch mit wesentlich allgemeineren Urfunktionen und Zielfunktionen durchgeführt werden kann, die jedoch bislang wenig praktische Bedeutung haben.

5

Typische Dimensionen für die Urform 11 und die Zielform 12 sind ein Durchmesser der Grundfläche von ca. 1 bis 10 mm, eine Höhe von 0,1 mm bis 5 mm und eine konische Konstante von 0 bis -200. Da die konischen Funktionen Kegelschnitte (Ellipsen, Parabeln, Hyperbeln) beschreiben, sind jedoch auch positive konische Konstanten denkbar. Insgesamt nimmt die Zielfunktion h_s unter diesen Vorgaben nun die einfachere Form

10

$$h_s(x) = H_2 - R_2 + \sqrt{R_2^2 - x^2} \quad (3)$$

15

an. Weiterhin hat das Ätzverfahren für das Substratmaterial (Silizium) eine Ätzabtragsrate a_2 und im Urformmaterial (Polymer oder Photolack) eine Ätzabtragsrate a_1 , die beide über apparative Ätzparameter zeitlich veränderbar sind. In diesem Ausführungsbeispiel wird über eine zeitliche Veränderung des Ätzgasflusses oder der Ätzgaskonzentration die Ätzabtragsrate a_1 im Photolack definiert als Funktion der Zeit verändert, während die Ätzabtragsrate a_2 zumindest im wesentlichen konstant gehalten wird.

20

25

Bei statischen Ätzprozessen mit zeitlich und örtlich konstanten Ätzabtragsraten a_1 und a_2 und einer Selektivität S , die definiert ist über

$$S(t) = \frac{a_2(t)}{a_1(t)} = \frac{a_2}{a_1} = S \quad (4)$$

30

ändert sich die konische Konstante K_2 aus Formel (1) in Abhängigkeit von der Selektivität S und einer vorgegebenen konischen Konstanten K_1 aus Formel (2) in diesem einfachen Fall gemäß

$$K_2 = \frac{K_1 + 1}{S^2} - 1 \quad (5)$$

Bei dem erfindungsgemäßen dynamischen Ätzprozeß mit zeitlicher Veränderung der Ätzabtragsrate $a_1(t)$ im Photolack und einer Ätzzeit $T_1(x)$, die angibt, welche Zeit beim Ätzen an einem Ort x bis zum Erreichen des Substrates erforderlich ist, gilt mit Formel (1):

$$\int_0^{T_1(x)} a_1(t) dt = h_U(x) = H_1 - \frac{R_1 - \sqrt{R_1^2 - (1 + K_1)x^2}}{1 + K_1} \quad (6)$$

Entsprechend gilt im Siliziumsubstrat unter Verwendung von Formel (3) und insbesondere $K_2 = 0$:

$$\int_{T_1(x)}^T a_2(t) dt = \int_{T_1(x)}^T a_1(t) S(t) dt = h_S(x) = H_2 - R_2 + \sqrt{R_2^2 - x^2} \quad (7)$$

Dabei wird mit T die gesamte Ätzzeit bezeichnet. Weiter gilt mit den Festlegungen

$$A(t) = \int_0^t a_1(t) dt \quad (8)$$

und

$$SA(t) = \int_0^t a_1(t) S(t) dt \quad (9)$$

wobei $A(t)$ die gesamte erreichte Ätztiefe im Photolack und $SA(t)$ die gesamte erreichte Ätztiefe im Siliziumsubstrat nach der Zeit t ist:

$$h_U(x) = A(T_1(x)) \quad (10)$$

und

$$h_S(x) = SA(T_1(x)) \quad (11)$$

Durch Differenzieren nach x unter Verwendung der Kettenregel ergeben sich dann folgende Differentialgleichungen:

$$T_1'(x) a_1(T_1(x)) = h_U'(x) = -\frac{x}{\sqrt{R_1^2 - (1 + K_1)x^2}} \quad (12)$$

$$T_1'(x)a_1(T_1(x))S(a_1(T_1(x))) = h_s'(x) = -\frac{x}{\sqrt{R_2^2 - x^2}} \quad (13)$$

Daraus bestimmt sich die ortsabhängige Selektivität am Ort des Übergangs von Photolack (Urform 11) zu Siliziumsubstrat (Zielform 12) d.h. am Rand der jeweils verbliebenen Urform (11) dann zu:

$$S(a_1(T_1(x))) = \sqrt{\frac{R_1 - (1 + K_1)x^2}{R_2^2 - x^2}} \quad (14)$$

Die Funktion $S = S(a_1)$ ist gemäß Formel (14) für die spezielle verwendete Ätzanlage bekannt oder kann durch Variation der Anlagenparameter in beschriebener Weise als Funktion der Zeit bei Änderung der Ätzparameter gezielt eingestellt werden.

Somit ergibt sich die Ätzabtragsrate $a_1(t)$ am jeweiligen, sich zeitlich im Laufe des Ätzprozesses ändernden Ort x des Übergangs von Photolack zu Siliziumsubstrat mit Hilfe von (14) durch Bilden der Umkehrfunktion zu:

$$a_1(T_1(x)) = S^{-1}\left(\sqrt{\frac{R_1 - (1 + K_1)x^2}{R_2^2 - x^2}}\right) \quad (15)$$

In Verbindung mit Formel (12) errechnet sich damit zunächst $T_1'(x)$.

Diese Funktion liefert durch Integration dann die benötigte Ätzzeit im Photolack $T_1(x)$ bis zum Erreichen des Substrates als Funktion des jeweiligen Ortes x .

Aus dieser wiederum ergibt sich durch Bilden der Umkehrfunktion die nur noch von der Zeit abhängige Funktion $T_1^{-1}(t)$.

Schließlich hat man damit die gewünschte, nur noch zeitabhängige Ätzabtragsrate im Photolack mit:

$$a_1(t) = a_1(T_1(T_1^{-1}(t))) \quad (16)$$

aus der sich sofort auch die zeitabhängige Selektivität S errechnet.

5 Somit ist durch Vorgabe der beiden Funktionen $h_U(x)$ und $h_S(X)$ die, ausgehend von der Oberflächenform der Urform 11, zum Erreichen einer vorgegebenen Oberflächenform der Zielform 12 erforderliche zeitabhängige Veränderung mindestens eines Ätzparameters als Funktion der Zeit vorgegeben.

10 An diese Berechnung, die mit Hilfe eines Computerprogrammes erfolgt, schließt sich somit eine an sich bekannte, zeitabhängige Variation eines Ätzparameters, wie beispielsweise der Ätzgaskonzentration oder des Ätzgasflusses, an, die zu
15 der erforderlichen zeitabhängigen Veränderung der Selektivität oder mindestens einer der beiden Ätzabtragsraten a_1 oder a_2 führt. Im erläuterten Beispiel wurde lediglich die Ätzabtragsrate a_1 verändert.

20 Die aus der Berechnung bestimmte zeitliche Variation der ap-
partiven Ätzparameter erfolgt vorzugsweise ebenfalls über eine Computersteuerung, die die im voraus berechneten Werte jeweils zum richtigen Zeitpunkt während des Ätzprozesses
einstellt. Somit können mit einem einmal berechneten Parame-
25 tersatz nunmehr alle weiteren Ätzungen gleicher geometri-
scher Form von Urform und Zielform durchgeführt werden.

30 Zusammenfassend besteht in Kurzform ein möglicher Verfahrensablauf im erläuterten Beispiel somit aus folgenden Schritten:

1. Man gibt zunächst K_1 , R_1 , H_1 (Urform 11) sowie K_2 , R_2 und H_2 (Zielform 12) vor, wobei hier speziell gilt: $K_2 = 0$.

2. Man bestimmt weiterhin zunächst die sich als Funktion der Ätzabtragsrate a_1 schon aufgrund anlagen- und prozeßspezifischer Eigenschaften ergebende Funktion $S(t)$ als Funktion der Ätzzeit bei äußerlich konstant gehaltenen Ätzparametern experimentell und nähert diese gerätespezifische Funktion zur leichtern Handhabung beispielsweise durch ein Polynom höherer Ordnung an.

3. Mit diesen Vorgaben sind bereits alle beim nachfolgenden Ätzprozeß benötigten Selektivitäten (als Intervall, nicht jedoch als Funktion der Zeit aus (14)) sofort bekannt. Insbesondere gilt dies auch für deren Maximum und Minimum, so daß die Randbedingungen bzw. Extrema für die folgenden Berechnung bereits vorliegen.

4. Nun berechnet man mit Formel (4) und (5) bzw. (11) und (12) die Funktion $a_1(T_1(x))$ und erhält das Spektrum der möglichen Ätzabtragsraten $a_1(T_1(x))$.

5. Danach bestimmt man $T_1'(x)$ aus Formel (12).

6. Schließlich integriert man, insbesondere numerisch, die Funktion $T_1'(x)$ mit der Randbedingung, daß die Ätzzeit am Rande der Urform 11 d.h. am Ort des Übergangs zum Substrat 10 null ist und erhält somit $T_1(x)$.

7. Da nun die Funktion $a_1(T_1(x))$ und die Funktion $T_1(x)$ bekannt sind, bildet man die dann als Funktion von t gegebene Funktion $T_1^{-1}(x)$, beispielsweise numerisch, und setzt sie schließlich in Formel (16) ein, so daß man als gesuchtes Ergebnis $a_1(t)$ erhält.

Die Figur 3 zeigt zur Erläuterung für eine Urform 11 aus einem Photolack und eine Zielform aus Silizium in einem Silizi-

umssubstrat 10 eine sich aus der Berechnung ergebende Darstellung der Lackätzzeit $T_1(x)$ in Minuten als Funktion des Ortes x in μm . Figur 4 zeigt eine zugehörige Darstellung der als Funktion der Ätzzeit t [min] berechneten Lackätzabtragsrate $a_1(t)$ in $\mu\text{m}/\text{min}$. Figur 5 zeigt schließlich die zugehörige Darstellung der Selektivität $S(t)$ als Funktion der Ätzzeit t [min]. Es sei darauf hingewiesen, daß beide Funktionen in Figur 4 und 5 keine Geraden sind.

10 In einem zweiten Ausführungsbeispiel wird das im ersten Ausführungsbeispiel beschriebene Verfahren etwas modifiziert ausgeführt.

15 Zunächst führt man das beschriebene Verfahren bei einer Testätzung wie im ersten Ausführungsbeispiel beschrieben durch. Falls sich danach eine Oberflächenform der Zielform (12) einstellt, die von der gewünschten und in die Berechnung einbezogenen Funktion

$$h_s(x) = H_2 - R_2 + \sqrt{R_2^2 - x^2} \quad (7)$$

20 aus Formel (7) abweicht, was durch während des Ätzprozesses auftretende, in der Berechnung zunächst nicht berücksichtigte ätzanlagenbedingte Abweichungen in den Ätzabtragsraten und der Selektivität verursacht sein kann, die zu einer konischen Konstante $K_2 \neq 0$ führen, bestimmt man experimentell die entstandene Oberflächenform der Zielform 12 und beschreibt sie funktional unter der Bezeichnung $h_{s, \text{Test}}$ mit den experimentell nach der Testätzung bestimmten Konstanten K_3 und R_3 gemäß

$$h_{s, \text{Test}}(x) = H_3 - \frac{R_3 - \sqrt{R_3^2 - (1 + K_3)x^2}}{1 + K_3} \quad (17)$$

30 anstelle der eigentlich aufgrund der Berechnung zu erwartenden Funktion

$$h_s(x) = H_2 - R_2 + \sqrt{R_2^2 - x^2} \quad (7)$$

Zum Ausgleich dieser sich nach der Testätzung ergebenden, zunächst geringfügig fehlerhaften Oberflächenform wird dann in einer Näherung in erster Ordnung mit Formel (17) und (7) eine neue Funktion

$$h_{s,neu}(x) = 2h_s(x) - h_{s,Test}(x) \quad (18)$$

definiert, die an die Stelle der vorher verwendeten Funktion $h_s(x)$ tritt.

Mit dieser Funktion zur Beschreibung der Oberflächenform der Zielform 12 wird dann zusammen mit der ursprünglichen Funktion $h_u(x)$ zur Beschreibung der Oberflächenform der Urform 11 die Berechnung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel erneut durchgeführt, deren Ergebnis dann endgültig in Form einer definierten zeitlichen Veränderung von $a_1(t)$ über entsprechende Ätzparameter bei den weiteren Ätzungen verwendet wird. Dadurch lassen sich die genannten ätzanlagenbedingten Abweichungen kompensieren und man erhält bei diesen weiteren Ätzungen eine Oberflächenform der Zielform 11, die der gewünschten, durch die Funktion $h_s(x)$ beschriebenen Oberflächenform zumindest sehr nahe kommt.

Es ist offensichtlich, daß die erläuterten Ausführungsbeispiele weder auf die jeweiligen Substrat- und Urformmaterialien noch auf die speziellen Oberflächenformen von Urform 11 und Zielform 12 beschränkt sind, sondern in einfacher Weise verallgemeinert werden können.

5

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen Strukturen, insbesondere von Mikrolinsen, in einem Substrat (10) mittels eines Ätzprozesses, wobei sich zunächst auf dem Substrat (10) bereichsweise mindestens eine Urform (11) mit einer bekannten Uroberflächenform befindet, wobei der Ätzprozeß mindestens eine erste Ätzabtragsrate a_1 und eine zweite Ätzabtragsrate a_2 aufweist, von denen mindestens eine mindestens zeitlich veränderbar ist, und wobei durch den Ätzprozeß die Urform (11) in eine Zielform (12) mit vorgegebener, von der Uroberflächenform verschiedener Zieloberflächenform überführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Erreichen der Zieloberflächenform während des Ätzprozesses zumindest eine der Ätzraten a_2 oder a_1 über eine vor Beginn des Ätzprozesses mindestens als Funktion der Ätzzeit aus der Uroberflächenform und der Zieloberflächenform berechnete Änderung mindestens eines Ätzparameters eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Uroberflächenform zumindest näherungsweise durch eine vor Beginn des Ätzprozesses bekannte Urfunktion h_0 und die Zieloberflächenform zumindest näherungsweise durch eine vor Beginn des Ätzprozesses bekannte Zielfunktion h_s beschrieben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ätzabtragsraten a_1 und a_2 über eine apparative Einstel-

lung von Ätzparametern als Funktion der Zeit eingestellt werden und insbesondere materialabhängig sind.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zielform (12) aus dem Substrat (10) herausstrukturiert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ätzprozeß für das Urformmaterial die Ätzabtragsrate a_1 und für das Substratmaterial die Ätzabtragsrate a_2 hat.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ätzparameter der Fluß eines oder mehrerer der verwendeten Ätzgase, die Konzentration und/oder Zusammensetzung des verwendeten Ätzgases, der Prozeßdruck, die am Substrat anliegende Substratspannung, die Substrattemperatur und die Spulenspannung sind.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ätzabtragsrate des Substratmaterials a_2 zumindest im wesentlichen konstant gehalten und nur die Ätzabtragsrate a_1 der Urform über die Ätzparameter zeitlich verändert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Urform (11) und/oder die Zielform (12) eine zumindest näherungsweise kreisförmige Grundfläche haben.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Urform (11) und/oder die Zielform (12) zylindersymmetrisch zur z-Achse des Koordinatensystems sind.

10. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Uroberflächenform durch eine zylindersymmetrische Urfunktion h_0 beschrieben wird, deren Projektion in die

xz-Ebene des Koordinatensystemes zumindest näherungsweise durch eine konische Funktion

$$h_U(x) = H_1 - \frac{R_1 - \sqrt{R_1^2 - (1 + K_1)x^2}}{1 + K_1}$$

mit einer konischen Konstanten K_1 , einem Krümmungsradius R_1 und einer Höhe H_1 beschrieben wird, und daß die Zieloberflächenform durch eine zylindersymmetrische Zielfunktion h_S beschreiben wird, deren Projektion in die xz-Ebene des Koordinatensystemes zumindest näherungsweise durch eine konische Funktion

$$h_S(x) = H_2 - \frac{R_2 - \sqrt{R_2^2 - (1 + K_2)x^2}}{1 + K_2}$$

mit einer konischen Konstanten K_2 , einem Krümmungsradius R_2 und einer Höhe H_2 beschrieben wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhen H_1 und H_2 und/oder die Krümmungsradien R_1 und R_2 gleich sind und/oder daß die konische Konstante K_2 gleich 0 ist.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhen H_1 und H_2 und/oder die Krümmungsradien R_1 und R_2 gleich sind und die konische Konstante K_2 ungleich der konischen Konstanten K_1 ist.

13. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Korrektur ätzanlagenbedingter Abweichungen mit der zunächst als Funktion der Zeit errechneten Änderung mindestens einer Ätzabtragsrate eine Testätzung vorgenommen wird, nach der sich eine, die Oberflächenform der Zielform (12) beschreibende Funktion $h_{S, \text{Test}}$ einstellt, und daß danach eine neue Zielfunktion $h_{S, \text{neu}}$ vorgegeben wird durch

$$h_{S,neu} = 2h_S - h_{S,Test}$$

mit der zusammen mit der Urfunktion h_0 die Berechnung der zeitlichen Veränderung mindestens eines Ätzparameters zum Erreichen der Zieloberflächenform der Zielform (12) für weitere Ätzungen erneut durchgeführt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß sich nach der Testätzung eine Oberflächenform der Zielform (12) einstellt, deren Projektion in die xz-Ebene des Koordinatensystems gegeben wird durch

$$h_{S,Test}(x) = H_3 - \frac{R_3 - \sqrt{R_3^2 - (1 + K_3)x^2}}{1 + K_3}.$$

15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Urform (11) aus einem Polymer, insbesondere einem Maskenmaterial oder einem Photolack besteht.

16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Substratmaterial aus einem Halbleiter, insbesondere Silizium, besteht oder diesen enthält.

17. Verwendung des Verfahrens nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche zur Herstellung von Mikrolinsen.

1/2

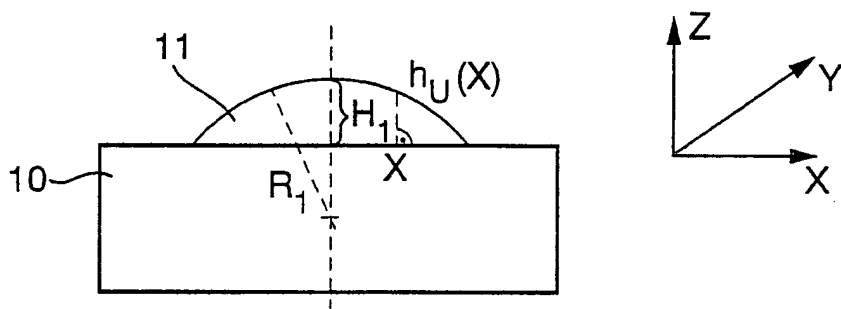


Fig. 1

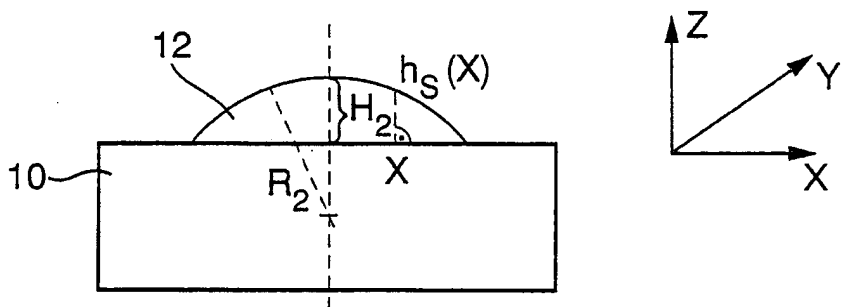


Fig. 2

2/2

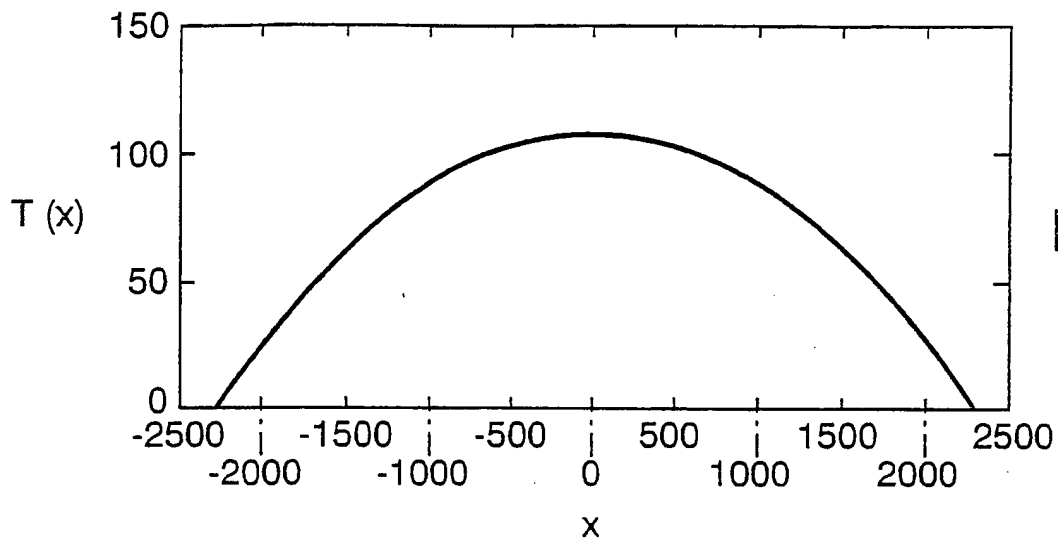


Fig. 3

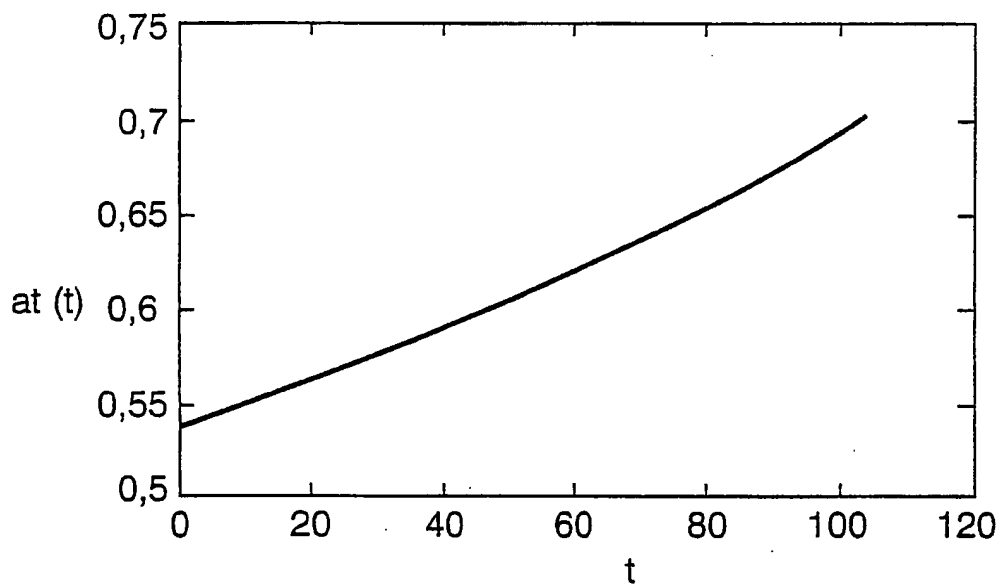


Fig. 4

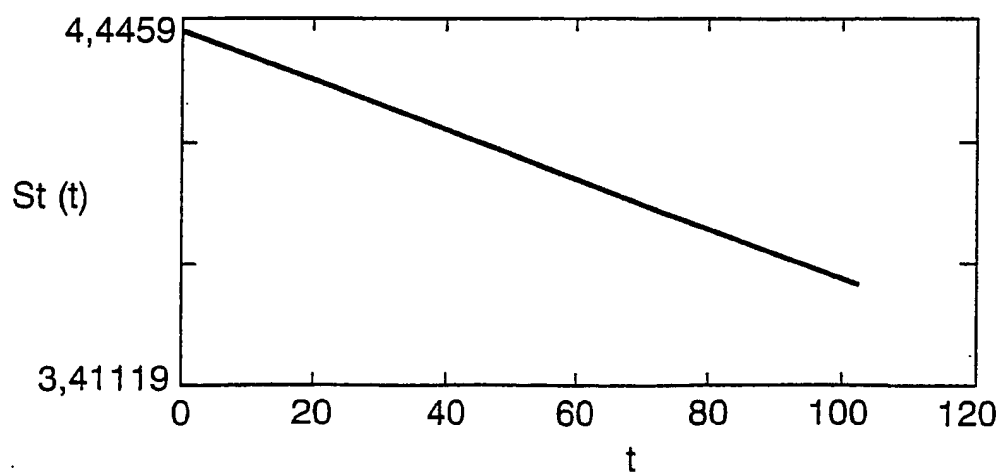


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/00212

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B81C1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B81C H01L G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 286 338 A (MERSEREAU KEITH O ET AL) 15 February 1994 (1994-02-15) the whole document	1-6, 8, 9, 15-17
X	WO 97 25653 A (DUTTON DAVID THOMAS ;SECR DEFENCE (GB); DEAN ANTHONY BRIAN (GB)) 17 July 1997 (1997-07-17) the whole document	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 June 2000

Date of mailing of the international search report

19/06/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Szarowski, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/00212

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5286338	A	15-02-1994	DE 69404053 D	14-08-1997
			DE 69404053 T	30-10-1997
			EP 0614096 A	07-09-1994
			JP 2798600 B	17-09-1998
			JP 6308302 A	04-11-1994
<hr/>				
WO 9725653	A	17-07-1997	AU 1388497 A	01-08-1997
			CA 2242634 A	17-07-1997
			CN 1212768 A	31-03-1999
			EP 0873542 A	28-10-1998
			GB 2322833 A, B	09-09-1998
			JP 2000503136 T	14-03-2000
			PL 327667 A	21-12-1998
<hr/>				

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00212

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B81C1/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B81C H01L G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 286 338 A (MERSEREAU KEITH O ET AL) 15. Februar 1994 (1994-02-15) das ganze Dokument	1-6,8,9, 15-17
X	WO 97 25653 A (DUTTON DAVID THOMAS ;SECR DEFENCE (GB); DEAN ANTHONY BRIAN (GB)) 17. Juli 1997 (1997-07-17) das ganze Dokument	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Juni 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

19/06/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Szarowski, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

*Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00212

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5286338 A	15-02-1994	DE 69404053 D	14-08-1997
		DE 69404053 T	30-10-1997
		EP 0614096 A	07-09-1994
		JP 2798600 B	17-09-1998
		JP 6308302 A	04-11-1994
WO 9725653 A	17-07-1997	AU 1388497 A	01-08-1997
		CA 2242634 A	17-07-1997
		CN 1212768 A	31-03-1999
		EP 0873542 A	28-10-1998
		GB 2322833 A, B	09-09-1998
		JP 2000503136 T	14-03-2000
		PL 327667 A	21-12-1998